
基礎系教育講演

解剖学から見た生命科学研究

－遠赤外線エネルギー照射の正体とその効果－

山下 菊治

キーワード：遠赤外線エネルギー放射セラミックス，解剖学，血液循環，抗酸化

Study of Life Science Based on Anatomy

－True Characteristics and Effects of Far Infrared Ray (FIR) Energy Radiation－

Kikuji YAMASHITA

Abstract : It is understood by studying the anatomy which a blood circulation is indispensable for living. I focused studies on far infrared ray (FIR) radiation as the means to activate human circulation based on the essence of human for my life theme. At the time, it was impossible as yet to explain theoretically effects of FIR energy radiation at normal temperature in home and abroad studies. Then, I selected antioxidant FIR energy radiating ceramics regarded to be worthwhile for human body health by analyses of emissivity of thermal radiator and anti-oxygen activity for the various surrounding goods. In order to clarify the true character of FIR energy, I developed FIR CO₂ incubator to study the effects of FIR energy on water molecules. These studies showed that FIR energy radiation activated the velocity and volatility of water, solubility of protein and most metabolic enzyme activity. Simultaneously, it was produced by these results for me to understand theoretically true characteristics of FIR energy at last.

In the next stage, effects of anti-oxygenic FIR energy radiating ceramics with the strong physical power to water and protein molecules on living body were analyzed. It was clarified from results of these studies that the FIR energy radiation induced inhibition of body weight increasing with obesity, activation of the wound healing and blood circulation at the surface of skin. Then, it was made clear that FIR energy radiation inhibited proliferation of various cancer cells by delay of cell cycle and hypertrophic necrosis. Still more, it was verified that FIR energy radiation inhibited growth of cancer implanted to immunodeficiency mouse by controlling metastasis and angiogenesis. Besides, it was also clarified that FIR energy radiation accelerated new bone formation and bone tissue repair, and was available for life support by oral administration.

I am going to develop clothing and cosmetics with flow acceleration for human and increase production of hatchery fish and farm animals, and maintain health of pet by oral administration of anti-oxidant FIR energy radiating ceramics by continuing the present study on FIR energy. Finally, I hope to utilize anti-oxidant FIR energy radiating ceramics for the treatment of periodontal disease and bone augmentation, cancer and lifestyle diseases in dental and medical clinical field with dental and medical doctors.

I. はじめに

解剖学は人間の本質を示す学問であり、解剖学を学ぶことによりある真実に近づくことができる。解剖学教育は細胞の理解から始まる。人間はおよそ60兆個の細胞でできているが、なんとそのうちの25兆個は赤血球である。このことは、人間にとって酸素供給がいかに重要であるかを示している。また、解剖学では、人間をおよそ8つの器官系に分けて教育を行う。これらの器官系のうち、循環器系、消化器系、呼吸器系、内分泌系は、血液によって各細胞に酸素と栄養、生理活性物質を供給するために、泌尿器系は血液から老廃物を除去するために存在していて、如何に血液循環が大切であるかが理解できる。実際、血液供給が6～8秒停止すると意識を失い、3分で50%死亡し、5分でほぼ絶望的であるといわれている。逆に、血液循環が促進されれば、皮膚や筋肉、骨、内臓、脳などのあらゆる組織や器官が活動的になり、健康な状態を維持することが可能になる。そこで、私は解剖学から見て最も重要な血液循環を活性化する方法として、遠赤外線エネルギーに着目した。

II. 遠赤外線エネルギーとは何か？

エネルギーは、電気エネルギー、運動エネルギー、位置エネルギー、熱エネルギー、電磁波エネルギーなど種々の形態をとる。このうち電磁波エネルギーは、分子の伸縮および変角振動エネルギーであって、その温度によってエネルギーの波長が異なる。例えば、太陽は表面温度が6,000℃、深部ではさらに高く15,000,000℃とも言われている。この太陽が放射する電磁波エネルギーは、その成分の分子の伸縮および変角振動エネルギーであって、遠赤外線エネルギーをはじめ、波長の長いマイクロ波や電波、また、波長の短い可視光線、紫外線、X線やγ線などさらに広い範囲のエネルギーを放射している(図1 A, B)。しかし、電磁波エネルギーの放射体の温度が低下するとエネルギーの波長が収束して、我々が生活している地球上では、ほとんどすべての放射エネルギーが5～50 μmの遠赤外線エネルギーだけになる(図1 A, B)。つまり、地球上に存在するほとんどすべての物質は5～50 μmの遠赤外線エネルギーを放射することになる¹⁾。しかし、その放射強度は物質によって異なり、その形状や存在環境によっても影響を受ける。

種々の成分の遠赤外線放射エネルギーを測定した結果を図2に示した。最も遠赤外線エネルギーの放射強度が高いのは、意外にも食品であった。代表的なものは、グラニュー糖、スキムミルク、ガーリック、小麦粉などである。これらの食品は植物由来成分が多く、主に糖や炭水化物、タンパク質よりなる。あまり一般的には理解されていないが、食べ物を摂取するということは体内で遠赤外線エネルギーの照射を受けていることになる。しかし、残念ながら食物は容易に消化と分解を受けて遠赤外線照射機能を失ってしまう。食品の中でも食物繊維は、

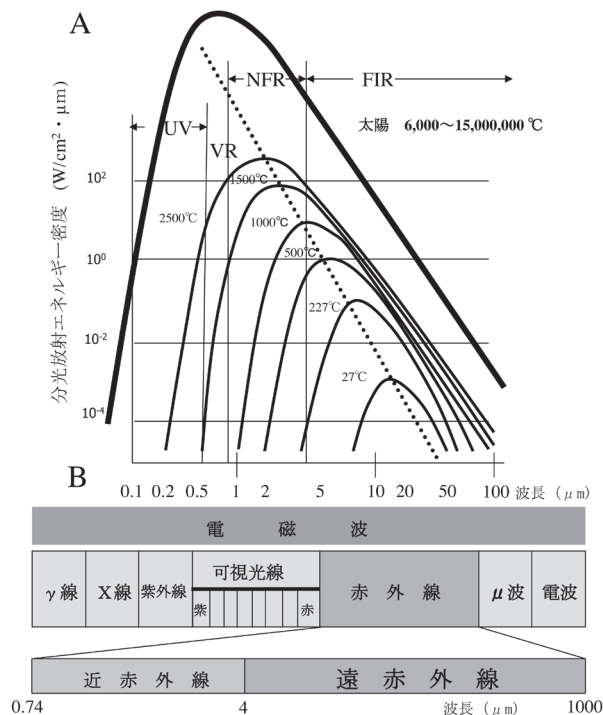


図1 電磁波エネルギーの特徴

A：各温度における黒体の分光放射エネルギー。温度が低下するとすべての分光放射エネルギーは5～50 μmの遠赤外線に収束する。

B：電磁波（光）の波長による分類。電磁波は波長によって、光線名が変わる。

分解されないため遠赤外線エネルギーを放射することができ、生体に影響を与えているものと理解できる。つまり、食物繊維が身体に良い理由の1つは、消化管に対する遠赤外線エネルギーの照射効果であるとも考えられる。

次に遠赤外線エネルギー照射強度が高いものは岩石である。ブラックシリカ、安山岩、硬質砂岩の伊達石、堆積岩、結晶片岩、流紋岩などである。これらの鉱石成分は金属の酸化物であり、非常に安定で、遠赤外線エネルギーを照射するのに適している。また、遠赤外線エネルギーを照射するためには、相対的に表面積が大きくなる細かい粒子が適している。それ以外にも、有機化合物であるポリマー等のプラスチック、シリコン、ゴム、ポリウレタンなどは高い遠赤外線エネルギー放射体である。しかし、これらの有機物は大きな重合体を形成するため、安定した遠赤外線エネルギーの放射体としては適さない。しかし、プラスチックディッシュを用いて細胞を培養すると、その状況に合わせてある程度の遠赤外線エネルギーの影響を免れない。さらに、放射波長の範囲も放射強度もやや不安定になるが、食塩や酸化鉄、酸化アルミ、酸化ケイ素などの鉱石成分の化学物質でも、ある程度の遠赤外線エネルギーを放射している。最も遠赤

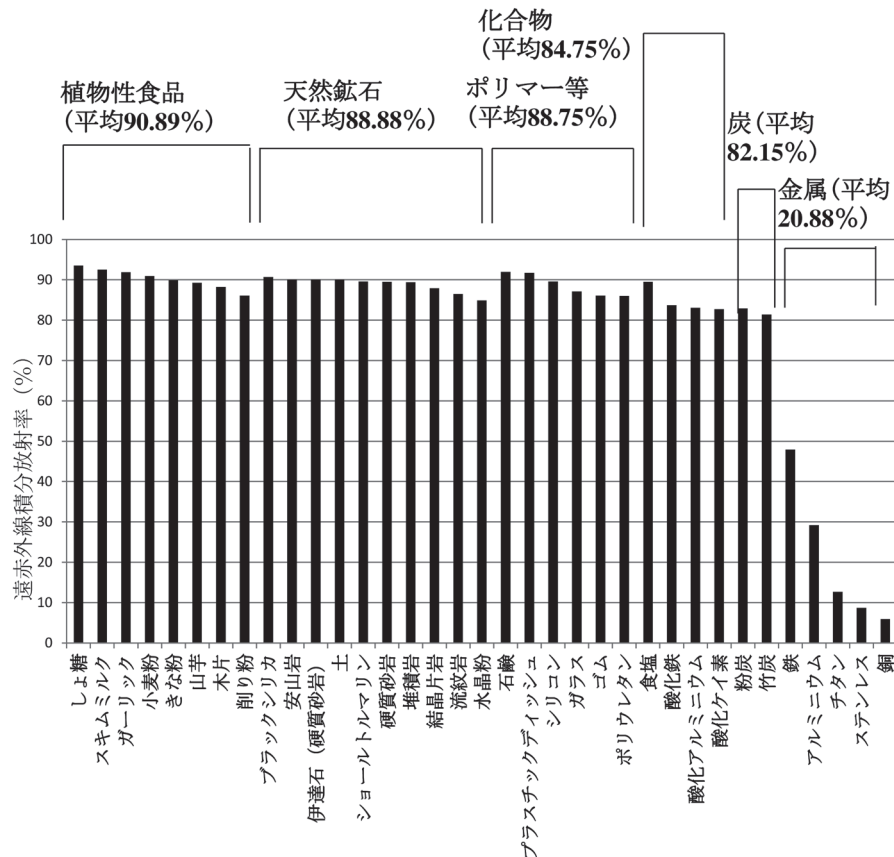


図2 種々の成分の遠赤外線エネルギー放射強度
遠赤外線エネルギー放射強度は、植物性食品、天然鉱石、ポリマー等、化合物、炭などの順に強く、金属は非常に弱かった。

外線エネルギー照射強度の弱いものは金属で、鉄、アルミニウムは30～40%は照射するが、チタン、ステンレス、銅などはほとんど照射しない。そこで、本研究に用いる遠赤外線エネルギー放射体は、岩石の中でも、特に40℃の低温で安定した遠赤外線エネルギーを放射し、しかもコストが安いものとして、安山岩、堆積岩、結晶片岩、硬質砂岩、流紋岩などを選択するのが妥当と考えられた(図3)。

Ⅲ. 抗酸化作用を持つ鉱石

人間にとって酸素はエネルギー産生などの生命維持に不可欠な物質であるが、運動不足やストレスなどによって過剰な活性酸素を生み出す。この活性酸素はタンパク質やDNA、脂質などのほぼすべての有機物を酸化して、高血圧や糖尿病などの生活習慣病や癌、老化などを引き起こすことが知られている^{2,4)}。従って、遠赤外線エネルギー放射体を生体材料や医薬部外品などに応用しようとする場合、抗酸化作用を有することはより有益である。抗酸化作用を示す物質は、生体物質由来成分としてアスコルビン酸、 α -トコフェノール(ビタミンE)、グルタチオンなど多くの有効成分が存在する^{5,6)}。現在、

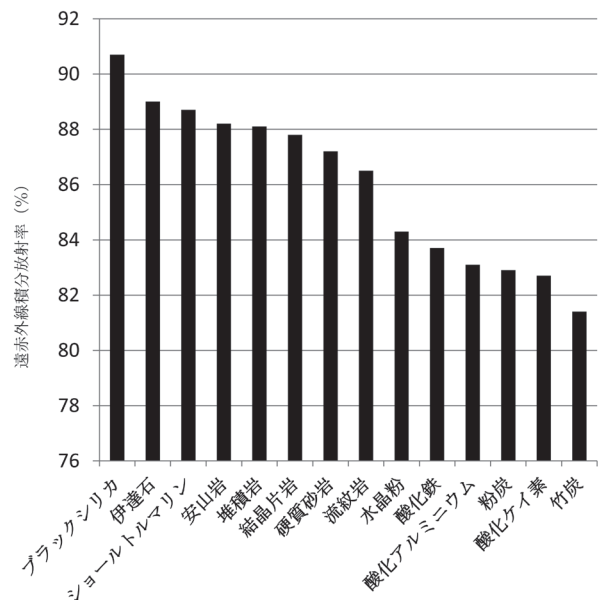


図3 表面温度40℃での遠赤外線積分放射率
表面温度40℃という低温で、安定した遠赤外線エネルギー放射活性を持つ鉱石は、ブラックシリカ、伊達石、ショールトルマリン、安山岩、堆積岩、結晶片岩、硬質砂岩、流紋岩などであった。

ディッシュの底にコーティングした。そこに、抗酸化遠赤外線放射セラミックスを10%加えて、24時間静置した超純水と対照の超純水を1 ml ずつ加えて、1時間後に各30 μ l 採取して280 nm で吸光度を測定した。さらに、2, 3, 5, 9, 23時間後に同様に吸光度を測定した。その結果、有意にタンパク質の溶解性が上昇した(図6 A)。この結果は、遠赤外線エネルギー照射が水分子を活性化してタンパク質内への浸透性を上昇させるとともに、タンパク質の分子振動を活性化して結果的に溶解性が亢進したものと理解できる。

さらに、直接的にタンパク質分子を活性化していることを証明するために、代謝酵素活性に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の影響を解析した。酵素試薬はラットの50 mg の脾臓、肝臓、腎臓と小腸を500 μ g/ml になるようにPBS溶液にてホモジネートして、1500 rpm, 5分の遠心分離を行い、上清を集め、同様に遠心分離をさらに3回行って後、上清を集めて酵素液とした。代謝活性測定には酵素活性研究用システムであるアピザイム(シスメックス・ビオメリユー、東京)を用いた。方法は酵素液32.5 μ l と超純水32.5 μ l との混合液をキットの反応槽に入れて、遠赤外線CO₂インキュベーターと通常のCO₂インキュベーターにて4時間反応させた。反応後、ZYM A 試薬を35 μ l とZYM B 試薬を30 μ l 加えて、5分間蛍光灯照射を行って、アルカリ性フォスファターゼ、エステラーゼ、エステラーゼリパーゼ、リパーゼ、 β -ガラクトシダーゼ、 α -フコシダーゼは波長551 nm, ロイシンアリルアミダーゼ、バリンアリルアミダーゼは497 nm, シスチンアリルアミダーゼ、トリプシン、 α -キモトリプシン、 α -ガラクトシダーゼ、 α -マンノシダーゼは403 nm, 酸性フォスファターゼは540 nm, ナフトール-AS-BI-フォスフォヒドロラーゼは547 nm, β -グルクロニダーゼは586 nm, α -グルコシダーゼは556 nm, β -グルコシダーゼは515 nm, N-アセチル- β -グルコサミニダーゼは416 nm の吸光度のピークの波長の位置で測定した。その結果、19種類の酵素のうちシスチンアリルアミダーゼ、トリプシン、 α -キモトリプシンの3酵素のみの活性が低下し、それ以外の16種類の酵素はすべて活性が上昇した。その上昇率は酵素によって異なり、特に、 β -グルコシダーゼ231%, α -フコシダーゼは220%, β -ガラクトシダーゼは131%, α -マンノシダーゼは111%, エステラーゼリパーゼ73.8%, リパーゼ62.5%, ロイシンアリルアミダーゼは58.7%, α -グルコシダーゼは152%増と高かった(図6 B)。このように、糖質代謝、脂質代謝、およびタンパク質代謝の活性が遠赤外線エネルギー照射によって上昇した。この事実は遠赤外線エネルギー照射によって、タンパク質分子の収縮変角振動が活性化され、活性中心部分の構造変化が起こることによって、酵素活性が上昇、あるいは低下したものと考えられた。もちろん水分子の活性化が起こり、基質や発色試薬などの浸透性や酵素との接触頻度などが変

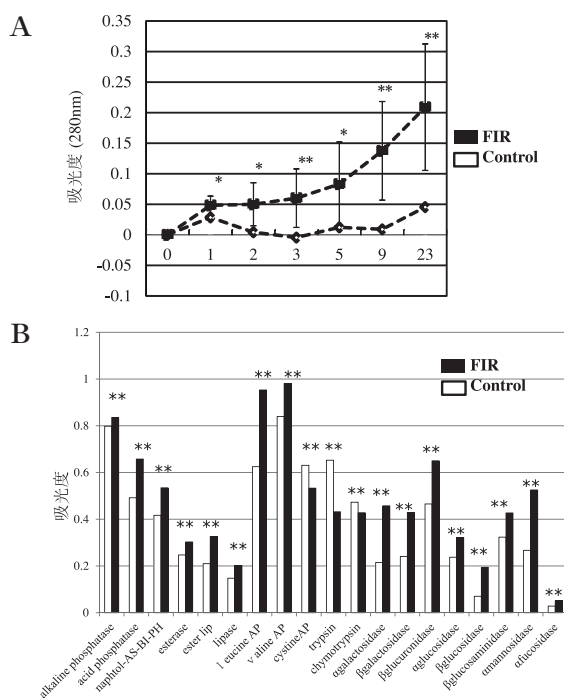


図6 抗酸化遠赤外線放射セラミックスのタンパク質への影響

A: タンパク質の溶解性への影響。ディッシュにBSAを吸着させて、溶解性を測定すると抗酸化遠赤外線放射セラミックス処理した水の溶解性が継続的に上昇した。

B: 代謝酵素活性への影響。シスチンアリルアミダーゼ、トリプシン、 α -キモトリプシンの3酵素を除く16種類の代謝酵素活性が上昇した。
(* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)

化して反応性が変化したことも考慮する必要があるが、タンパク質分子の方が巨大であり、効果が強く表れたのではないかと考えられる。

VI. 抗酸化遠赤外線放射セラミックスの皮膚への影響

生体に対する遠赤外線エネルギー照射の影響を調べるために、厳密な温度管理を行い、酸化チタンによる光酸化処理を行うことにより、空気中の雑菌や化学物質を分解しながら空気循環を可能とする、抗酸化遠赤外線放射セラミックスを内部にコーティングした遠赤外線動物飼育装置を開発した¹¹⁾。この装置を用いて、動物を飼育すると種々の遠赤外線エネルギー放射の影響を解析することができる。ラットをこの装置で飼育すると、体重は抑制された。この結果は、ラットの行動が活発になるため、肥満が抑制されたものと考えられる。次に、皮膚の遠赤外線エネルギー照射の影響を調べるために、皮膚に直径8 mmの欠損部を作成して赤外線動物飼育装置で飼育して、コントロールと比較しながら、創傷治癒過程を観察した。その結果、皮膚の創傷治癒速度は遠赤外線エネ

ギー照射によって促進された(図7A)。また、抗酸化遠赤外線放射セラミックスを練り込んだ繊維(抗酸化遠赤外線放射セラミックス濃度3%),あるいは、プリントした布より腹巻(抗酸化遠赤外線放射セラミックス濃度20%)を作成して、人の血流に及ぼす影響をAPGハートレーターSA-3000P(MEDICORE JAPAN, ソウル, 韓国)を用いて解析した。その結果、対照の腹巻や練り込んだ繊維よりも、抗酸化遠赤外線放射セラミックスの濃度が高いプリントした布の方が、明らかに血流促進効果が高かった(図7B)。このように抗酸化遠赤外線放射セラミックスを皮膚と接触させることにより、温度上昇が起こり、遠赤外線エネルギーが温度の高い方から低い方に流れ表面の毛細血管中の水やタンパク質分子の振動エネルギーを活性化することにより、血流促進効果を示すことが明らかになった。

VII. 癌細胞(*in vitro*)に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の影響

癌は同じ臓器の癌でも、患者が異なると性質が異なる。それぞれの患者から採取した癌の株細胞が樹立され、理科学研究所などで維持されている。我々はその理研バイオリソースセンターから、舌癌(HSC3)、歯肉癌(Sa3)、外陰部癌(A431)、肺癌(A549)、乳癌(MCF7)、肝臓癌(HepG2)細胞を購入した。遠赤外線CO₂インキュベーター内にて、これらの癌細胞に及ぼす遠赤外線エネルギー照射効果を対照と比較しながら解析した。まず、舌癌(HSC3)、歯肉癌(Sa3)、外陰部癌(A431)について解析を行った。HSC3細胞とSa3細胞は遠赤外線エネルギーを照射することによって、増殖が抑制されることが明らかになった。しかし、A431細胞は全く増殖には影響を受けなかった。増殖能から考えれば、A431細胞が最も高く、ついで、HSC3細胞、Sa3細胞の順になる。従って、増殖能力が比較的低い癌細胞には増殖抑制効果があるが、増殖能力が高いA431細胞は抑制できないのではないかと考えられる。

この癌細胞の増殖抑制機構を細胞周期に着目することによって明らかにした。細胞周期は、G1期(DNA合成前期)、S期(DNA合成期)、G2期(DNA合成後期)、M期(分裂期)に分けられる。実際に増殖が抑制されているHSC3細胞とSa3細胞では、G2期(DNA合成後期)にて細胞の蓄積が認められ、分裂が制御されていることが明らかになった。一方、増殖が抑制されない、A431細胞ではこの様な傾向は認められなかった。また、培養細胞の形態を観察すると増殖が抑制される癌細胞であるHSC3細胞とSa3細胞では、細胞の肥大化による壊死が観察されたが、A431細胞では何ら形態学的変化は認められなかった。さらに培養細胞の一部をスクラッチすることにより剥離し、その後の細胞の遊走性に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の効果を解析した。この遊走性は癌の転移性を反映しているものとみなされる。そうす

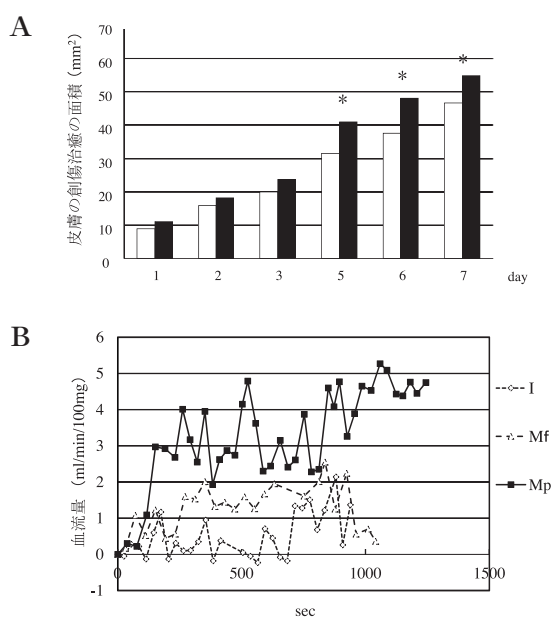


図7 抗酸化遠赤外線放射セラミックスの皮膚に及ぼす影響

A: 皮膚の再生に及ぼす影響。人工的に作成した皮膚の欠損部遠赤外線エネルギー照射で再生が促進された。

B: 腹巻を用いた皮膚の血流に及ぼす影響。対照の腹巻や練り込んだ繊維(Mf)よりも抗酸化性遠赤外線放射セラミックスの濃度が高いプリントした布(Mp)の方が、明らかに血流促進効果は高かった。(* $P<0.05$)

ると、これら癌細胞の遊走性は、Sa3細胞が最も強く、次いでHSC3細胞であり、A431細胞は極めて高い転移性を示した。この遊走性の抑制効果は、Sa3細胞が最も強く受け、HSC3細胞も強く抑制されるが、A431細胞はほとんど影響を受けなかった。以上の結果から、増殖能が低く、転移性の高い癌細胞ほど、遠赤外線エネルギー照射が強い抑制効果を示すものと考えられた。このように、癌細胞に対する遠赤外線エネルギー照射効果は細胞によって異なるが、主に細胞周期遅延、肥大化壊死及び遊走性の阻害などに働いて、増殖を抑制するものと考えられる^{12,13)}。

さらに、遺伝子の解析を行うと遠赤外線エネルギーに対する反応性がHSP70の発現と相関関係があることが分かった。そこで、HSP70Aの過剰発現細胞とsiRNAによる抑制細胞を作成することによって、癌細胞の遠赤外線エネルギーに対する感受性がHSP70の発現量によって制御されていることを明らかにした^{12,13)}。従って、A431細胞が遠赤外線エネルギー照射によって増殖抑制効果を示さなかったのは、内因性のHSP70の発現が高く遠赤外線エネルギー照射の影響を打ち消したためであることが推察された。さらに、遠赤外線エネルギー

照射に反応する遺伝子を探したところ、ATF3遺伝子が、遠赤外線エネルギー照射に最初に反応して、強く発現を上昇させることが明らかになった。そこで、ATF3遺伝子を用いて、ATF3過剰発現細胞が遠赤外線エネルギー照射と同様の増殖抑制効果を示し、ATF3のアンチセンスオリゴヌクレオチドを導入することで増殖が回復することを証明した^{14, 15)}。これらの結果から、遠赤外線エネルギーにATF3細胞が反応して、増殖抑制効果を示し、その過程はHSP70によって制御されていることが明らかになった。また、肺癌(A549)、乳癌(MCF7)、肝臓癌(HepG2)についても遠赤外線エネルギー照射の増殖への影響を調べると、A549とHepG2細胞に対しては強く増殖が抑制され、MCF7細胞に対しては弱い増殖抑制効果が認められた¹³⁻¹⁷⁾。

最近の研究にて、遠赤外線エネルギー照射がp53遺伝子の発現阻害を介して臍帯静脈の血管内皮細胞の分泌型クラステリンの合成を制御して、血管内皮細胞のVEGFを介する増殖と血管形成を抑制することによって、癌の成長を阻害する機構が報告された¹⁸⁾。この様に、我々だけでなく、世界的にも癌に対する遠赤外線エネルギー照射の増殖抑制効果が報告され、遠赤外線の癌治療効果が徐々に明らかになりつつある。

VIII. 癌組織 (*in vivo*) に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の影響

培養細胞に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の効果を明らかにするだけでは、本来の癌に対する効果を推測することは困難である。そこで、本研究では免疫不全マウスに移植した舌癌(HSC3)、歯肉癌(Sa3)、外陰部癌(A431)¹²⁾、肝臓癌(HepG2)^{16, 17)}に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の効果を遠赤外線動物飼育装置内にて飼育して、対照群と比較しながら解析を行った。その結果、Sa3細胞の移植癌の成長は遠赤外線エネルギー照射によって明らかに抑制された。また、Sa3細胞の組織学的解析を行うと本来乳頭状に深部に侵入するSa3細胞が遠赤外線エネルギー照射を受けるとほとんど侵入像を示さず、一部は壊死していることが明らかになった。この結果は、遠赤外線エネルギー照射はSa3細胞の転移能を抑制するために、癌の成長が抑制されたのではないかと考えられる。また、培養細胞では増殖抑制効果が認められなかったA431細胞を、ヌードマウスに移植すると急激な癌の成長が起り、遠赤外線エネルギー照射によって強く成長が抑制された。この癌を組織学的に解析すると、対照群では筋組織内に活発に侵入していくのに対して、遠赤外線エネルギー照射群では全く筋肉内への浸潤は認められなかった。A431細胞についてはマイクロアレイ法を用いて発現遺伝子を解析した。その結果、遠赤外線エネルギー照射によりMMP1, 9, 10, 13の強い抑制が明らかになった。さらに、タンパク質レベルの発現の抑制も明らかにした¹²⁾。MMPはマトリックスメタロ

プロテイナーゼであり、コラーゲンやゼラチンを分解する酵素のことである。癌細胞が組織内を遊走転移するためには、コラーゲンの存在が邪魔になり、癌細胞自身からこれらを分解するMMP酵素を分泌する。遠赤外線エネルギー照射はこの酵素の発現を阻害することで、転移を抑制することを示唆している。いずれにしても、やはり遠赤外線エネルギー照射はA431細胞に対しても、*in vivo*では浸潤や転移を阻害することにより癌の成長を抑制することが明らかになった。

さらに、肝臓癌(HepG2)の移植癌の成長は遠赤外線エネルギー照射によって強く抑制された。組織学的解析では、成長した癌はおびただしい血液を含んでいることから、活発な血管の新生と巨大化が進むことによって栄養供給が行われているが、遠赤外線エネルギー照射はその血管の成長を抑制することによって、癌への栄養補給を遮断して成長を抑制するものと推測できる。また、遺伝子のVEGFが遠赤外線エネルギー照射によって強く抑制されていることから、この仮説は支持される¹⁶⁻¹⁸⁾。以上の結果から、研究を行ったすべての癌細胞の移植癌について、遠赤外線エネルギー照射は強く成長を抑制することが明らかになり、その機構はそれぞれの細胞によって異なるが、多くの場合転移を抑制することによって、癌の成長が停止しているものと考えられる。このように、遠赤外線エネルギー照射は癌の予防や治療に有効であることが明らかになった。

IX. 骨形成に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の影響

遠赤外線エネルギー照射が骨形成に対してどのような影響を与えるかを明らかにするために骨芽細胞様細胞MC3T3-E1細胞を用いて研究を行った。その結果、遠赤外線エネルギー照射はMC3T3-E1細胞の増殖を抑制し、アルカリ性フォスファターゼやタイプIコラーゲン、オステオカルシンなどの遺伝子の発現と石灰化を促進することから、細胞分化を亢進することが明らかになった。また、人工的に骨欠損部を作成して、再生過程を観察すると、遠赤外線エネルギー照射によって骨の新生が促進されることが明らかになった¹⁹⁾。さらに最近、我々は肝臓などの内臓を介した骨の再生調節機構を見出した。

また、この抗酸化遠赤外線放射セラミックスを餌に混ぜて投与すると軟骨内骨化による縦の成長にはほとんど影響がないものの、膜性骨化による横の成長を促進することによって太い骨が形成されることが明らかになった²⁰⁾。このことにより、抗酸化遠赤外線放射セラミックスの経口投与が有効であることが示唆された。

X. 個体の生命維持に及ぼす遠赤外線エネルギー照射の影響

タニシを飼育しながら、飼育槽に抗酸化遠赤外線放射セラミックスを1%程度加えて生存率を測定すると格段に生存率が上昇することが明らかになった。さら

にヒメダカなどの魚類の生存率も明らかに上昇することが証明された。この結果を受けて、抗酸化遠赤外線放射セラミックスを餌に混ぜて、養殖タイへの遠赤外線エネルギー照射の影響を解析すると、成長および食品価値の向上と疾病などに対する抵抗性が亢進することが示された。

XI. 遠赤外線研究の将来

抗酸化遠赤外線放射セラミックスに関する本研究成果は、非常に広範囲に応用が可能である²¹⁾。まず、皮膚の活性化や冷え性の予防のための、血流促進効果を有する毛布やマフラー、手袋やアンダーウェアなどの衣料品の開発が可能である。次に、石鹸、リンス、クリームなどの化粧品や医薬部外品に応用することで、血流促進効果を伴う皮膚や頭皮の活性化を目指すことができる。また、養殖魚や豚、鶏、牛などの家畜、犬や猫などのペットの餌に応用することで、健康な動物を育てて安全な食料対策を行うとともに、健康なペットと共に快適な生活を送ることができるようになる。さらには、人のサプリメントとしても応用が可能である。それらの十分な効果が認められるようになれば、最終的に、医学応用として、歯科領域で骨の再生を促進するチタンと抗酸化遠赤外線放射セラミックスの合金や、骨補てん剤、骨誘導能を有する生体材料などを開発することができる。また、歯肉の再生を目的とする歯磨剤の開発などを歯学部にて臨床の研究者と共に進めて行くことができる。医科領域でも、多くの癌の治療、予防技術と癌治療機器を開発したい。同時に、糖尿病や動脈硬化、アルツハイマーなどの生活習慣病に対する予防や治療に応用していきたい(図8)。

参考文献

- 1) 高田紘一, 江川芳信, 佐々木久夫: “遠赤外線の基本的事項”. 実用遠赤外線. 高田紘一, 江川芳信, 佐々木久夫編. 第1版. 東京, 人間と歴史社, 1999, 1-75.
- 2) Shaw A, Doherty MK, Mutch NJ, MacRury SM and Megson IL: Endothelial cell oxidative stress in diabetes: a key driver of cardiovascular complications? Biochem Soc Trans 42, 928-933 (2014)
- 3) Glasauer A and Chandel NS: Targeting antioxidants for cancer therapy. Biochem Pharmacol 92, 90-101 (2014)
- 4) Peng C, Wang X, Chen J, Jiao R, Wang L, Li YM, Zuo Y, Liu Y, Lei L, Ma KY, Huang Y and Chen ZY: Biology of ageing and role of dietary antioxidants. Biomed Res Int 2014, 1-13 (2014)
- 5) Yilmaz O, Ersan Y, Ozsahin AD, Ozturk AI and Ozkan Y: Consequences of the combined α -tocopherol, ascorbic acid and α -lipoic acid on the glutathione, cholesterol and fatty acid composition in muscle and liver of diabetic

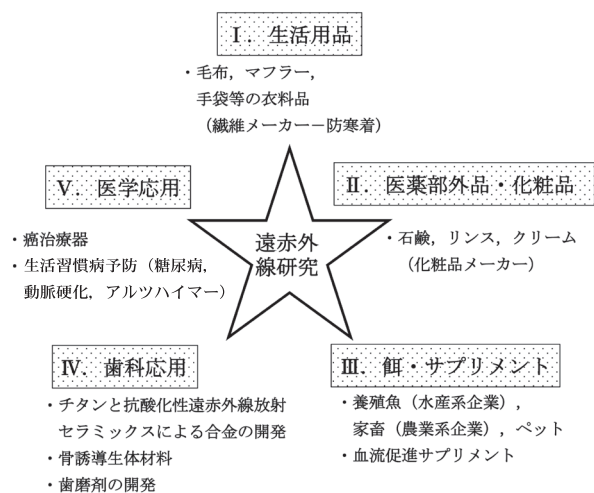


図8 抗酸化遠赤外線放射セラミックス研究の将来性
 先ず、生活用品として衣料、医薬部外品や化粧品の開発を行い、餌・サプリメントに応用して、十分な効果が明らかになれば、将来的には歯科領域や医科領域での医学応用に発展させていきたい。

rats. Iran J Basic Med Sci 16, 165-172 (2013)

- 6) Rodrigues AF, Roecker R, Junges GM, Lima DD, Cruz JGP, Wyse ATS and Magro DDD: Hypoxanthine induces oxidative stress in kidney of rats: protective effect of vitamins E plus C and allopurinol. Cell Biochem Funct 32, 387-394 (2014)
- 7) 具然和: チャーガの生理活性ーガン, 糖尿病への効果と抗ガン剤・放射線治療の副作用防止のためにー. 第1版. 東京, ヒューマンウイングスLLP, 2005.
- 8) Acosta DS, Kneip FC, Almeida EA, Ventura-Lima J, Monserrat JM and Geracitano LA: Fullerene and omega-3 and omega-6 fatty acids on fish brain antioxidant status. Fish Physiol Biochem 38, 1477-1485 (2012)
- 9) Uchimiya M and Stone AT: Reversible redox chemistry of quinones: Impact on biogeochemical cycles. Chemosphere 77, 451-458 (2009)
- 10) Yamashita K, Hosokawa H, Ishibashi J, Ishikawa N, Morimoto H, Ishikawa T, Nagayama M and Kitamura S: Development of CO₂ incubator with limited far-infrared radiation for activation of mitochondrial metabolism. ITE Lett 6, 468-472 (2005)
- 11) Hosokawa H, Yamashita K, Ishibashi J, Ishikawa N, Morimoto H, Ishikawa T, Kitamura S and Nagayama M: A new animal raiser: Effect of low temperature narrow wavelength far infrared radiation on tumor growth of A431 cells. ITE Lett 6, 597-602 (2005)
- 12) 細川浩良: 特性遠赤外線照射による癌細胞の動態に関する研究. 四国歯学会雑誌 19, 35-54 (2006)

- 13) Ishibashi J, Yamashita K, Ishikawa T, Hosokawa H, Sumida K, Nagayama M and Kitamura S: The effects inhibiting the proliferation of cancer cells by far-infrared radiation (FIR) are controlled by the basal expression level of heat shock protein (HSP) 70A. *Med Oncol* 25, 229-237 (2008)
- 14) 石橋淳：ヒト癌細胞株における遠赤外線効果の遺伝子発現解析. 四国歯学会雑誌 20, 119-133 (2007)
- 15) Yamashita K, Dalkhsuren SO, Ishikawa T, Sumida K, Ishibashi J, Hosokawa H, Ueno A, Nasu F and Kitamura S: Far infrared ray radiation inhibits the proliferation of A549, HSC3 and Sa3 cancer cells through enhancing the expression of ATF3 gene. *J Electromag Anal Appl* 2, 382-394 (2010)
- 16) Ishikawa T, Ishibashi J, Yamashita K, Dalkhsuren SO, Sumida K, Masui T and Kitamura S: Non-thermal effects of far-infrared ray (FIR) on human hepatocellular carcinoma cells HepG2 and their tumors. *J Cancer Sci Ther* 1, 83-89 (2009)
- 17) 石川達夫：FIR エネルギー照射 (Far-infrared Ray Energy Radiation) が肝細胞癌 HepG2 に及ぼす影響. 四国歯学会雑誌 24, 1-15 (2011)
- 18) Hwang S, Lee DH, Lee IK, Park YM and Jo I: Far-infrared radiation inhibits proliferation, migration, and angiogenesis of human umbilical vein endothelial cells by suppressing secretory clusterin levels. *Cancer lett* 345, 74-83 (2014)
- 19) Dolgorsuren A, Yamashita K, Dalkhsuren SO, Sumida K, Seki S and Kitamura S: The ceramics radiating far infrared ray energy (Rhyolite) promote the formation of bone. *J Hard Tissue Biol* 23, 423-434 (2014)
- 20) 山下菊治, 石川達夫, 角田佳折, 阿部佳織, 石橋 淳, 北村清一郎：遠赤外線を用いた歯周組織再生に関する基礎研究－MC3T3－E1細胞の動態及び骨形成に及ぼす遠赤外線の解析－. 日本歯科産業学会誌 22, 15-25 (2008)
- 21) Yamashita K: The effects of the far-infrared ray (FIR) energy radiation on living body. Blood cell: An overview of studies in hematology. Moschandreu TE ed, Croatia, In Tech, 2012, 271-302.